

(19)

JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **09257618 A**

(43) Date of publication of application: **03.10.97**

(51) Int. Cl.

**G01L 9/12**

**G01L 19/04**

**H01L 29/84**

(21) Application number: **08070770**

(22) Date of filing: **26.03.96**

(71) Applicant: **TOYOTA CENTRAL RES & DEV  
LAB INC**

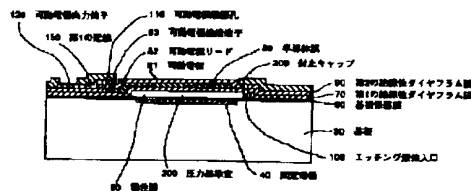
(72) Inventor: **SHIMAOKA KEIICHI  
TABATA OSAMU  
YAMADERA HIDEYA**

**(54) ELECTRO-STATIC CAPACITY TYPE PRESSURE  
SENSOR AND PRODUCTION THEREOF**

(57) Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a sensor which is less dependent on temperature and unnecessary for anode joining by constituting an insulating diaphragm film of insulating material containing silicon, aluminum and nitrogen.

**SOLUTION:** A fixed electrode 40 containing p type or n type impurity of high concentration, a lead 41 and a connection terminal 42 are formed on the surface of a sensor substrate 30 of mono-crystal silicon to form a substrate protection film 50 on the region. A sacrifice film 60 for covering a pressure receiving region is formed thereon to form an insulating film 70 for covering it on the main surface of the substrate 30, a movable electrode 81 is formed in the pressure receiving region and a lead 82 and a connection terminal 83 are shaped with a semiconductor film 80 except for the pressure receiving region. The semiconductor film 80 is covered to form an insulating diaphragm film 90, a connection hole 110 reaching the terminal 83 by penetrating it is formed, and the electrode 81 is connected to an output terminal 120 via it. Here, the film 80 is constituted of at least material containing silicon, aluminum and nitrogen, and substantially equals to the thermal expansion coefficient of the substrate 30. Thus, a sensor of a small temperature coefficient of a zero point and sensitivity can be obtained.



COPYRIGHT: (C)1997,JPO

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-257618

(43) 公開日 平成9年(1997)10月3日

| (51) Int.Cl. <sup>8</sup> | 識別記号 | 序内整理番号 | F I           | 技術表示箇所 |
|---------------------------|------|--------|---------------|--------|
| G 0 1 L 9/12              |      |        | G 0 1 L 9/12  |        |
|                           |      | 19/04  | 19/04         |        |
| H 0 1 L 29/84             |      |        | H 0 1 L 29/84 | Z      |

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願平8-70770

(22) 出願日 平成8年(1996)3月26日

(71) 出願人 000003609

株式会社豊田中央研究所

愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番地の1

(72) 発明者 島岡 敬一

愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番地の1 株式会社豊田中央研究所内

(72) 発明者 田畑 修

愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番地の1 株式会社豊田中央研究所内

(72) 発明者 山寺 秀哉

愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番地の1 株式会社豊田中央研究所内

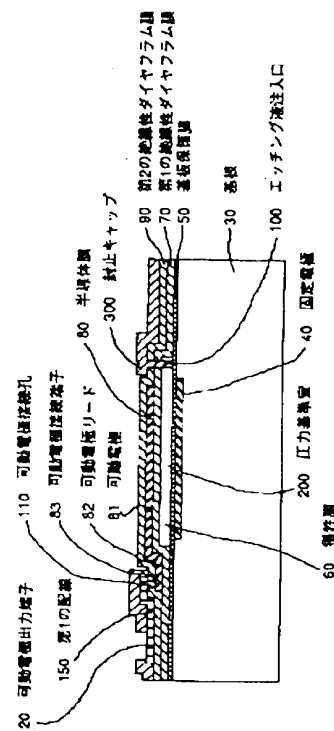
(74) 代理人 弁理士 吉田 研二 (外2名)

(54) 【発明の名称】 静電容量型圧力センサおよびその製造方法

(57) 【要約】

【目的】 静電容量型圧力センサの零点、感度の温度依存性を小さくする。

【構成】 単結晶シリコン基板30の主表面に固定電極40を形成し、この固定電極40上に圧力基準室200を設ける。そして、圧力基準室200を覆うよう被覆形成された絶縁性ダイヤモンド膜70の受圧領域に導電性膜から成る可動電極81を形成する。絶縁性ダイヤモンド膜70は熱膨張係数が前記単結晶シリコン基板30と等しくなるよう、膜中のシリコン、アルミニウム、窒素および酸素の組成が調整されており、この結果、センサの零点、感度の温度依存性が小さくなる。



【特許請求の範囲】

【請求項１】 基板の主表面に形成された固定電極上に圧力基準室を設け、前記圧力基準室を覆うよう前記基板の主表面側に被覆形成された絶縁性ダイヤフラム膜の受圧領域に導電性膜から成る可動電極を形成した静電容量型圧力センサにおいて、

前記絶縁性ダイヤフラム膜は少なくともシリコン、アルミニウム、窒素を含む絶縁性材料で構成されていることを特徴とする静電容量型圧力センサ。

【請求項２】 前記絶縁性ダイヤフラム膜は、シリコン１０～４０ａｔｍ％、アルミニウム１０～４０ａｔｍ％、窒素３０～５０ａｔｍ％を含むと共に、酸素の含有量は２５ａｔｍ％以下であることを特徴とする請求項１に記載の静電容量型圧力センサ。

【請求項３】 主表面に固定電極が形成された基板と、前記基板の主表面上に形成され、受圧領域において前記主表面から所定距離離隔し、圧力基準室を区画形成する第１の絶縁性ダイヤフラム膜と、

前記第１の絶縁性ダイヤフラム膜の受圧領域に形成された導電性膜から成る可動電極と、

前記可動電極を覆うよう前記基板の主表面上に被覆形成された第２の絶縁性ダイヤフラム膜と、

前記第２の絶縁性ダイヤフラム膜と前記第１の絶縁性ダイヤフラム膜を貫通して前記圧力基準室に到達するよう形成された少なくとも１個の開口と、

前記少なくとも１個の開口を封止して、前記圧力基準室を密封する封止部材と、

を含むことを特徴とする静電容量型圧力センサ。

【請求項４】 前記第１および第２の絶縁性ダイヤフラム膜は、少なくともシリコン、アルミニウム、窒素を含む材料で構成されていることを特徴とする請求項３に記載の静電容量型圧力センサ。

【請求項５】 前記第１と第２の絶縁性ダイヤフラム膜は、シリコン１０～４０ａｔｍ％、アルミニウム１０～４０ａｔｍ％、窒素３０～５０ａｔｍ％を含むと共に、酸素の含有量は２５ａｔｍ％以下であることを特徴とする請求項４に記載の静電容量型圧力センサ。

【請求項６】 前記可動電極を包囲するよう前記第１の絶縁性ダイヤフラム膜の受圧領域に形成された基準電極と、前記第１の絶縁性ダイヤフラム膜と前記基板の間の一部に形成されたダイヤフラム固定部と、を含むことを特徴とする請求項３～５のいずれか１つに記載の静電容量型圧力センサ。

【請求項７】 基板の主表面に固定電極を形成する工程と、

基板の主表面の受圧領域を覆う犠牲膜を形成する工程と、

前記犠牲膜を覆うように、前記基板の主表面上に第１の絶縁性ダイヤフラム膜を形成する工程と、

前記第１の受圧領域に導電性膜からなる可動電極を構成

する工程と、

この可動電極を覆うように第２の絶縁性ダイヤフラム膜を形成する工程と、

この第２の絶縁性ダイヤフラム膜と前記第１の絶縁性ダイヤフラム膜を貫通して前記犠牲膜に到達するように、少なくとも１個のエッチング液注入口を形成する工程と、

前記エッチング液注入口を介して前記犠牲膜をエッチング除去することにより圧力基準室を形成する工程と、

前記圧力基準室を所望の圧力状態を保持するように、前記エッチング注入口を密封する工程と、

を含むことを特徴とする静電容量型圧力センサの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体のプロセス技術と特殊なエッチング技術を組み合わせたシリコンマイクロマシニング技術を利用し、基板表面にダイヤフラムを形成した静電容量型圧力センサおよびその製造方法に関するものである。

【０００２】

【従来技術】従来より、各種の圧力センサが知られており、その中に半導体基板の表面にダイヤフラムを形成した静電容量型圧力センサがある。図９に、このような従来の静電容量型圧力センサの断面構造を示す。

【０００３】この静電容量型圧力センサは、可動電極として機能するダイヤフラム１１を備えたシリコン構造体１０と、ダイヤフラム１１と対向するように形成した固定電極２１を備えたガラス基板２０とを陽極接合法により貼合わせた構造を有している。そして、図中矢印で示す方向から圧力Ｐが印加されると、これに応じてダイヤフラム１１が変形し、ダイヤフラム１１と固定電極２１の間隙が変化し、ダイヤフラム１１と固定電極２１とで形成されるキャパシタの静電容量が変化する。そこで、この静電容量を検出することによって、圧力Ｐが検出される。

【０００４】ここで、シリコン構造体１０には（１００）面の単結晶シリコン基板が用いられ、ダイヤフラム１１はシリコン構造体１０の一部を異方性エッチングすることにより形成されている。一般に、このエッチング液として水酸化カリウム水溶液や水酸化テトラメチルアンモニウム水溶液などが用いられる。また、ダイヤフラム１１はキャパシタの一方の可動電極として機能させるためにｐ型またはｎ型の不純物を高濃度に含有するよう処理され、高伝導度特性を得るようにしている。

【０００５】また、ガラス基板２０は一般にパイレックスガラスが用いられ、シリコン構造体１０との接合面側にはダイヤフラム１１を覆うように所望の深さのエッチング加工が施されている。一般に、このエッチング液にはフッ化水素酸系の溶液が用いられる。また、エッチン

グ加工面22にはダイヤフラム11と対向するように金属膜を蒸着し、これをフォトリソエッチングすることによりキャパシタの一方の固定電極21が形成されている。この固定電極21の金属膜には、例えばチタンを成膜した上にアルミニウムを成膜した積層膜などが用いられている。

【0006】そして、以上のように形成されたシリコン構造体10とガラス基板20の接合面を重ね合わせ、位置合わせを行い、シリコン構造体10を陽極、ガラス基板20を陰極として、例えば300℃に加熱し、600Vの直流電圧を印加することにより、シリコン構造体10とガラス基板20とを接着剤などを使用することなく気密性よく接合（陽極接合）している。

【0007】この圧力センサを絶対圧力測定タイプとして用いる場合にはシリコン基板10とガラス基板20の陽極接合時において周囲雰囲気真空状態に保ったまま、接合を行う。これにより、シリコン基板10の表面側をエッチング加工した空間部が真空の圧力基準室となり、印加された絶対圧力に比例してダイヤフラムがたわみ、このたわみによって静電容量値が変化する。従って、静電容量の変化を真空に対する圧力検出信号として取り出すことができ、ダイヤフラム11に印加される絶対圧力を測定することができる。

【0008】このような静電容量型センサでは、キャパシタを形成する一対の電極（対向電極）の間隙を狭くすることにより感度を高くできる。また、原理的には感度の温度依存性はない、などの特徴を有している。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、このような従来の静電容量型圧力センサにおいて、パイレックスガラスからなるガラス基板20の熱膨張係数は単結晶シリコンからなるシリコン構造体10よりわずかに小さい。このため、周囲温度が変化する場合には、この熱膨張係数の差に起因して熱応力が変化し、センサの零点および感度の温度特性を劣化させるという問題があった。また、陽極接合時の加熱によりガラス基板20が変形し、対向電極の間隙によってはガラス基板20に形成した固定電極21がダイヤフラム11に接触する場合があります、このような場合にはセンサとして機能しないという問題があった。

【0010】本発明はこのような従来の課題に鑑みなされたものであり、その目的は零点、感度の温度依存性が小さく、センサを組み立てるための陽極接合が不要な静電容量型圧力センサおよびその製造方法を提供することにある。

【0011】

【課題を解決するための手段】本発明は、基板の主表面に形成された固定電極上に圧力基準室を設け、前記圧力基準室を覆うよう前記基板の主表面側に被覆形成された絶縁性ダイヤフラム膜の受圧領域に導電性膜から成る可

動電極を形成した静電容量型圧力センサにおいて、前記絶縁性ダイヤフラム膜は少なくともシリコン、アルミニウム、窒素を含む絶縁性材料で構成されていることを特徴とする。

【0012】また、前記絶縁性ダイヤフラム膜は、シリコン10～40atm%、アルミニウム10～40atm%、窒素30～50atm%を含むと共に、酸素の含有量は25atm%以下であることを特徴とする。

【0013】このように、本発明では、絶縁性ダイヤフラム膜をシリコン、アルミニウム、窒素を含む絶縁性材料で構成している。そして、この絶縁性ダイヤフラム膜の組成を調整する（例えば上述のような組成比に調整する）ことによって、絶縁性ダイヤフラム膜の熱膨張係数を調整することができる。このため、基板の熱膨張係数に応じて絶縁性ダイヤフラムの組成を設定することで、両者の熱膨張係数を等しいものにできる。そこで、熱膨張係数の差に起因して熱応力が変化し、センサの零点および感度の温度特性が劣化するという問題点を解消できる。

【0014】また、本発明は、主表面に固定電極が形成された基板と、前記基板の主表面上に形成され、受圧領域において前記主表面から所定距離離隔し、圧力基準室を区画形成する第1の絶縁性ダイヤフラム膜と、前記第1の絶縁性ダイヤフラム膜の受圧領域に形成された導電性膜から成る可動電極と、前記可動電極を覆うよう前記基板の主表面上に被覆形成された第2の絶縁性ダイヤフラム膜と、前記第2の絶縁性ダイヤフラム膜と前記第1の絶縁性ダイヤフラム膜を貫通して前記圧力基準室に到達するよう形成された少なくとも1個の開口と、前記少なくとも1個の開口を封止して、前記圧力基準室を密封する封止部材と、を含むことを特徴とする。

【0015】さらに、本発明は、基板の主表面に固定電極を形成する工程と、基板の主表面の受圧領域を覆う犠牲膜を形成する工程と、前記犠牲膜を覆うように、前記基板の主表面上に第1の絶縁性ダイヤフラム膜を形成する工程と、前記第1の受圧領域に導電性膜からなる可動電極を構成する工程と、この可動電極を覆うように第2の絶縁性ダイヤフラム膜を形成する工程と、この第2の絶縁性ダイヤフラム膜と前記第1の絶縁性ダイヤフラム膜を貫通して前記犠牲膜に到達するように、少なくとも1個のエッチング液注入口を形成する工程と、前記エッチング液注入口を介して前記犠牲膜をエッチング除去することにより圧力基準室を形成する工程と、前記圧力基準室を所望の圧力状態の保持するように、前記エッチング注入口を密封する工程と、を含むことを特徴とする。

【0016】このようにして得られた静電容量型圧力センサによれば、センサに圧力がかかると、その圧力によって、絶縁性のダイヤフラム膜が変形し、可動電極と、固定電極の距離が変化する。そして、この距離変化に応じて、可動電極および固定電極を含むキャパシタの静電

容量が変化する。そこで、この静電容量の変化を検出することで圧力を検出することができる。そして、圧力基準室の圧力は、エッチング注入口の密封時の雰囲気圧力となる。従って、真空雰囲気において、エッチング注入口を密封すれば、基準圧力は、真空状態になり、このセンサによって絶対圧力を検出することができる。

【0017】ここで、本発明の静電容量型圧力センサによれば、犠牲膜上に、第1の絶縁性ダイヤモンド膜を形成し、その後にこの犠牲膜をエッチングによって除去する。従って、圧力基準室を形成するために、陽極接合などが必要ない。そこで、従来のように、陽極接合に起因して、ガラス基板が変形したりすることがない。

【0018】このように、本発明では、基板の熱膨張係数とほぼ等しい薄膜材料をダイヤモンドに使用することにより、従来品のような熱膨張係数の異なる材料から構成されているものに比べて零点、感度の温度依存性が小さくなる。

【0019】また、圧力基準室形成のための接合が不要であり、従来品のような陽極接合時のガラス基板の変形などの問題はなく、センサ特性が安定する。

【0020】また、前記可動電極を包囲するよう前記第1の絶縁性ダイヤモンド膜の受圧領域に形成された基準電極と、前記第1の絶縁性ダイヤモンド膜と前記基板の間の一部に形成され、前記基準電極の移動を規制するダイヤモンド固定部と、を含むことを特徴とする。

【0021】このように、基準電極を設けることによって、可動電極によって構成される容量の他に、基準電極によって構成される容量を構成できる。そこで、2つの容量の差に応じて圧力を検出することができる。2つの電極は、ほぼ同一の場所にあり、これら容量の差をとることによって、温度の影響などをほぼ完全に排除することができる。

【0022】また、この容量差は、スイッチドキャパシタ回路等により、容易に検出できる。さらにスイッチドキャパシタ回路は、通常の半導体加工プロセスより、容易に形成できるため、同一の基板上に形成することも容易である。従って、回路部分も同一基板上に集積形成することができる。

【0023】

【発明の実施の形態】以下、本発明に好適な実施の形態（以下、実施形態という）について、図面に基づいて説明する。

【0024】（基本的構成）図1には、本発明に係わる静電容量型圧力センサの基本的構成例の構造を表す平面図が示されており、図2には、図1のA-B-C線に沿った断面説明図が示されている。また、図3、4には、可動電極接続孔および固定電極接続孔の部分の拡大図が示されている。

【0025】本発明の静電容量型圧力センサの基板30は、例えば、単結晶シリコンからなり、この表面にはp

型またはn型の不純物を高濃度に含有するよう処理された固定電極40、固定電極リード41および固定電極接続端子42が形成されている。また、基板30の表面全域に必要な応じて耐エッチング特性を有する基板保護膜50が被覆形成される。

【0026】そして、この基板保護膜50の表面には、受圧領域を覆うように、等方性エッチング特性を有する犠牲膜60が被覆形成されている。なお、この犠牲膜60は製造工程において除去されるものであって、製品にはない。また、基板30の主表面には、その全域に渡って前記犠牲膜60を覆うように第1の絶縁性ダイヤモンド膜70が被覆形成されている。

【0027】さらに、第1の絶縁性ダイヤモンド膜70の受圧領域に配置された可動電極81と、受圧領域外に配置された可動電極リード82および可動電極接続端子83とが、半導体膜80から形成されている。例えば、この半導体膜80に多結晶シリコン膜を用いる場合、多結晶シリコン膜からなる半導体膜80はp型またはn型の不純物を高濃度に含有するよう処理し、高伝導度特性を得るようにする。

【0028】ここで、本発明の特徴は、絶縁性ダイヤモンド膜70が、少なくともシリコン、アルミニウム、窒素を含んだ材料で構成され、基板30の熱膨張係数（ $3.68 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ）とほぼ等しいことにある。例えば、基板30に（100）方位の単結晶シリコンを使用した場合、絶縁性ダイヤモンド膜70の組成を、シリコン33atm%、アルミニウム17atm%、窒素50atm%にする。これにより、絶縁性ダイヤモンド膜70の熱膨張係数は（100）方位の単結晶シリコンからなる基板30とほぼ等しくなり、従来のようにセンサの周囲温度の変化による熱応力の発生はない。従って、零点、感度の温度依存性が小さい静電容量型圧力センサを提供できる。なお、前記絶縁性ダイヤモンド膜70は膜中の組成を制御（成分比を変更する）することにより、 $3.5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C} \sim 4.1 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ の熱膨張係数を有するものが得られる。

【0029】また、半導体膜80は絶縁性膜によって保護することが好ましい。このため、前記半導体膜80を覆うようにして第2の絶縁性ダイヤモンド膜90を被覆形成する。この第2の絶縁性ダイヤモンド膜90を貫通して前記可動電極接続端子83に達する可動電極接続孔110が形成され、この可動電極接続孔110を介して可動電極81は可動電極出力端子120に接続されている。なお、この部分の拡大図を図3に示す。

【0030】さらに、図1に示すように、可動電極接続孔110の反対側の位置には、第1の絶縁性ダイヤモンド膜70および第2の絶縁性ダイヤモンド膜90を貫通して固定電極接続端子42に達する固定電極接続孔130が形成されている。そして、この固定電極接続孔130を介して固定電極40は固定電極出力端子140に接

続されている。なお、固定電極40は、固定電極リード41を介し、固定電極接続端子42間で伸びている。この部分の拡大図を図4に示す。

【0031】そして、この静電容量型圧力センサの受圧領域所定位置には、第1の絶縁性ダイアフラム膜70および第2の絶縁性ダイアフラム膜90を貫通して犠牲膜60に到達する少なくとも1個のエッチング液注入口100が開口形成されており、当初形成されていた犠牲膜60は、このエッチング液注入口100を介して全てエッチング除去される。

【0032】すなわち、犠牲膜60をすべて除去することにより、基板30と前記第1の絶縁性ダイアフラム膜70により囲まれた圧力基準室200が形成されると同時に、基板30から分離された圧力基準室200の上面側に位置する第1の絶縁性ダイアフラム膜70、半導体膜80および第2の絶縁性ダイアフラム膜90より構成する可動ダイアフラム400が形成される。

【0033】この静電容量型圧力センサを絶対圧測定タイプとして用いる場合には真空雰囲気において、前記エッチング液注入口100の全てを封止キャップ300により封止する。これにより、前記圧力基準室200が真空状態となり、印加された絶対圧力に比例して可動ダイアフラム400がたわみ、このたわみによって、固定電極40と可動電極81間の静電容量値が変化する。従って、静電容量の変化を圧力検出信号として取り出すことにより、可動ダイアフラム400に印加される絶対圧力を測定することができる。

【0034】（製造方法）次に、本発明にかかる静電容量型圧力センサの製造方法の一例を具体的に説明する。

【0035】まず、単結晶シリコンからなる基板30表面にイオン注入あるいは熱拡散によりp型またはn型の不純物を高濃度に含有する固定電極40、固定電極リード41および固定電極接続端子42を形成する。次に、基板30の表面全域に耐エッチング特性を有する基板保護膜50を被覆形成し、この基板保護膜50の表面に等方性エッチング特性を有する犠牲膜60を被覆形成する。次に、この犠牲膜60の受圧領域の周辺部をエッチング除去する。

【0036】次に、基板30の主表面の全域に渡って前記犠牲膜60を覆うよう第1の絶縁性ダイアフラム膜70を被覆形成する。例えば、前記基板30に（100）方位の単結晶シリコンを使用した場合、前記絶縁性ダイアフラム膜70の組成は、シリコン33atm%、アルミニウム17atm%、窒素50atm%にする。これにより、前記絶縁性ダイアフラム膜70の熱膨張係数は（100）方位の単結晶シリコンからなる基板30とほぼ等しくなる。

【0037】次に、前記第1の絶縁性ダイアフラム膜70の表面に半導体膜80を被覆形成する。例えば、この半導体膜80に多結晶シリコン膜を用いる場合、イオン

注入あるいは熱拡散によりp型またはn型の不純物を高濃度に含有し、高伝導度特性得るように処理する。

【0038】次に、受圧領域に形成する可動電極81と、受圧領域外に形成する可動電極リード82、可動電極接続端子83の周辺部の半導体膜80をエッチング除去する。次に、基板30の主表面の全域に渡って前記半導体膜80を覆うよう第2の絶縁性ダイアフラム膜90を被覆形成する。

【0039】次に、受圧領域所定位置にて、前記第1の絶縁性ダイアフラム膜70、第2の絶縁性ダイアフラム膜90を貫通して前記犠牲膜60に到達するよう少なくとも1個のエッチング液注入口100を形成する。

【0040】そして、このエッチング液注入口100を介してエッチング液を注入することにより、犠牲膜60を全てエッチング除去し、前記基板30と前記第1の絶縁性ダイアフラム膜70との間に、犠牲膜60の形状寸法に従った大きさの圧力基準室200を形成する。例えば、犠牲膜60に多結晶シリコンを用いた場合、犠牲膜60のエッチング除去のために用いるエッチング液はエチレンジアミンピロカテコール（EPW）溶液を使用する。圧力基準室200の上面側に位置する第1、第2の絶縁性ダイアフラム膜70、90は、EPW溶液に対して耐エッチング性を有することからエッチング除去されることがない。この結果、圧力基準室200の上面側に位置する第1の絶縁性ダイアフラム膜70、半導体膜80および第2の絶縁性ダイアフラム膜90との積層膜は、可動ダイアフラム400として機能することになる。

【0041】次に、第2の絶縁性ダイアフラム膜90を貫通して可動電極接続端子82に達する可動電極接続孔110と、第2の絶縁性ダイアフラム膜90、第1の絶縁性ダイアフラム膜70および基板保護膜50を貫通して固定電極接続端子42に達する固定電極接続孔130を形成する。

【0042】次に、基板30の表面全域にアルミニウムを被覆形成し、第1の配線150および第2の配線160領域の周辺部のアルミニウムをエッチング除去する。これにより、可動電極81は可動電極接続孔110、第1の配線150を介して可動電極出力端子120に接続され、固定電極40は固定電極接続孔130、第2の配線160を介して固定電極出力端子140に接続される。

【0043】次に、この静電容量型圧力センサを絶対圧測定タイプとして用いる場合には真空雰囲気において、基板30の表面全域にエッチング液注入口100が密封封止できる程度の厚さの絶縁物からなる封止材料を被覆形成する。最後に、フォトリソで不要部分を除去して封止キャップ300を形成すると同時に、可動電極出力端子120、固定電極出力端子140を開口することにより絶対圧測定タイプの静電容量型圧力センサが

得られる。

【0044】(第1実施形態)次に、第1実施形態の静電容量型圧力センサについて、上述した基本的構成例の説明において使用した図1～4に基づいて説明する。

【0045】本実施形態の静電容量型圧力センサにおいて、基板30としては、n型の(100)方位の単結晶シリコン基板を用いる。

【0046】まず、単結晶シリコン基板30の主表面に不純物としてボロンをイオン注入法を用いて高濃度に含有するよう添加、拡散し、p型半導体に処理された深さ3 $\mu$ mの固定電極40、固定電極リード41および固定電極接続端子42を形成する。次に、単結晶シリコン基板30の表面全域に、耐エッチング特性を有する基板保護膜50として、熱酸化膜を100nmに被覆形成する。

【0047】そして、この基板保護膜50の表面には、受圧領域を覆うように犠牲膜60を形成する。なお、この犠牲膜60は、後工程で除去される。本実施形態において、この犠牲膜60は減圧CVD法により成膜された厚さ200nmの多結晶シリコンを用いている。次に、単結晶シリコン基板30の主表面には、その全域に渡って犠牲膜60を覆うよう第1の絶縁性ダイアフラム膜70としてシリコン、アルミニウム、窒素から構成された薄膜材料を膜厚650nmに被覆形成する。

【0048】この第1の絶縁性ダイアフラム膜70の表面上に、半導体膜80として、多結晶シリコンを膜厚200nmに成膜する。さらに、この半導体膜80には、フォトエッチングにより可動電極81、可動電極リード82および可動電極接続端子83を形成する。本実施形態において、この半導体膜80として用いられる多結晶シリコン膜は、ボロンをイオン注入法を用いて高濃度に含有するよう添加、拡散したp型半導体に処理されている。

【0049】さらに、単結晶シリコン基板30の主表面の全域に渡ってこの半導体膜80を覆うよう第2の絶縁性ダイアフラム膜90としてシリコン、アルミニウム、窒素から構成された薄膜材料を膜厚650nmに被覆形成する。本実施形態において、第1の絶縁性ダイアフラム膜70、第2の絶縁性ダイアフラム膜90は、シリコン33atm%、アルミニウム17atm%、窒素50atm%組成の薄膜材料が用いられている。

【0050】そして、受圧領域所定位置にて、第1の絶縁性ダイアフラム膜70、第2の絶縁性ダイアフラム膜90を貫通して犠牲膜60に到達する直径5 $\mu$ mのエッチング液注入口100をフォトエッチングにより開口形成する。形成されたエッチング液注入口100を介してエッチング液を注入することにより、当初形成されていた犠牲膜60は全てエッチング除去され、圧力基準室200となる空洞が形成される。

【0051】本実施形態においては、前記エッチング液

はエチレンジアミンピロカテコール(EPW)溶液が用いられている。このとき、圧力基準室200の下面側に位置する基板保護膜50、上面側に位置する第1、第2の絶縁性ダイアフラム膜70、90は、EPW溶液に対して耐エッチング性を有することからエッチング除去されることがない。従って、圧力基準室200の上面側に位置する第1の絶縁性ダイアフラム膜70、半導体膜80および第2の絶縁性ダイアフラム膜90との積層膜は、可動ダイアフラム400として機能することになる。

【0052】次に、第2の絶縁性ダイアフラム膜90を貫通して可動電極接続端子83に達する可動電極接続孔110と、第2の絶縁性ダイアフラム膜90、第1の絶縁性ダイアフラム膜70および基板保護膜50を貫通して固定電極接続端子42に達する固定電極接続孔130をフォトエッチングにより開口形成する。

【0053】さらに、単結晶シリコン基板30の第2の絶縁性ダイアフラム膜90上の所定部分には、第1の配線150および第2の配線160を形成する。これら配線は、単結晶シリコン基板30の表面全域に真空蒸着あるいはスパッタリングにより、アルミニウムが1 $\mu$ mの膜厚で被覆形成し、不要部分のアルミニウムをフォトエッチングにより除去して形成する。このとき、可動電極81は可動電極接続孔110、第1の配線150を介して可動電極出力端子120に接続され、固定電極40は固定電極接続孔130、第2の配線160を介して固定電極出力端子140に接続される(図3、4参照)。

【0054】さらに、単結晶シリコン基板30の所定部分には、エッチング液注入口100を封止キャップを含む封止部材を形成する。この封止部材を形成する場合には、まずほぼ真空状態でのプラズマCVD法により、窒化シリコン膜からなる封止材料を単結晶シリコン基板30の表面全域にエッチング液注入口100が密封封止できる程度の厚さに堆積する。そして、フォトエッチングで不要部分を除去して封止キャップ300を形成すると同時に、可動電極出力端子120、固定電極出力端子140の一部を開口形成する。このようにすることにより、圧力基準室200はその内部が真空状態に保たれたまま密封封止されることになり、可動ダイアフラム400に印加される絶対圧力を測定することができる。

【0055】本実施形態においては、可動ダイアフラム400の直径および膜厚は、それぞれ100 $\mu$ m、1.5 $\mu$ mと小さく、精度よく形成されている。このセンサは、100kPaの絶対圧力に対して、静電容量変化は $1 \times 10^{-14}$ F(ファラド)以上、非直線性は $\pm 2\%$ F. S. 以下であり、しかも、 $-30 \sim 100^{\circ}\text{C}$ の温度範囲において、零点、感度の温度係数は $\pm 0.02\%$ 以下と優れた温度特性を有することが実験により確認された。

【0056】以上説明したように、本実施形態の静電容



量型圧力センサによれば、小型であり、かつ零点、感度の温度依存性が小さい静電容量型圧力センサを実現可能であることが理解される。なお、この実施形態においては、基板30としてn型の(100)方位の単結晶シリコン基板を用い、第1、第2の絶縁性ダイヤモンド膜70、90としてシリコン33atm%、アルミニウム17atm%、窒素50atm%組成の薄膜材料を用いた組み合わせを使用した。しかし、シリコン、アルミニウ

ム、窒素および酸素で構成される薄膜材料は膜中のそれらの組成を変化させることにより、熱膨張係数の制御が可能である。

【0057】表1には、シリコン、アルミニウム、窒素および酸素の組成を変えた薄膜材料の熱膨張係数の測定結果を示す。

【0058】

【表1】

| 試料No. | シリコン   | アルミニウム | 窒素     | 酸素     | 熱膨張係数<br>( $\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ) |
|-------|--------|--------|--------|--------|--|
| 1     | 40atm% | 10atm% | 50atm% | 0      | 3.5  |
| 2     | 33atm% | 17atm% | 50atm% | 0      | 3.7  |
| 3     | 25atm% | 25atm% | 50atm% | 0      | 3.8  |
| 4     | 15atm% | 35atm% | 50atm% | 0      | 4.1  |
| 5     | 40atm% | 10atm% | 45atm% | 5atm%  | 3.5  |
| 6     | 30atm% | 20atm% | 40atm% | 10atm% | 3.6  |
| 7     | 20atm% | 30atm% | 30atm% | 20atm% | 3.7  |
| 8     | 10atm% | 40atm% | 25atm% | 25atm% | 3.8  |

ここで、試料No. 1～8の薄膜材料の組成は、X線光電子分光法により定量した。また、熱膨張係数は単結晶シリコン基板上に試料No. 1～8の薄膜材料を形成し、温度変化による単結晶シリコン基板の反り量に基づいて求めた。

【0059】表1に示されるように、シリコン、アルミニウム、窒素および酸素で構成される薄膜材料の熱膨張係数は $3.5 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C} \sim 4.1 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}$ の範囲で制御できることがわかる。このことから、 $3.5 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C} \sim 4.1 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}$ の範囲の熱膨張係数を有する基板であれば、第1、第2の絶縁性ダイヤモンド膜70、90の組成を変化させることにより、零点、感度の温度依存性が小さい静電容量型圧力センサを実現可能であることがわかる。

【0060】(第2実施形態)次に、本発明の好適な第2実施形態を説明する。なお、前記第1実施形態と対応する部材には同一符号を付し、その説明は省略する。

【0061】図5は本発明に係わる静電容量型圧力センサの好適な第2実施形態を示した平面図であり、図6は、図5のD-E線に沿った断面図である。

【0062】まず、単結晶シリコン基板30の主表面

に、固定電極40、固定電極リード41および固定電極接続端子42を形成する。また、この単結晶シリコン基板30の表面全域に厚さ100nmの熱酸化膜からなる基板保護膜50を被覆形成する。そして、この基板保護膜50上の受圧領域を覆うように厚さ200nmの多結晶シリコンからなる犠牲膜60を形成し、次にこの犠牲膜60のダイヤモンド固定部170に相当する領域に、不純物としてボロンを熱拡散あるいはイオン注入法を用いて添加、拡散し、不純物濃度が $1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ 以上のp型半導体領域を形成する。これにより、ダイヤモンド固定部170に相当する領域は耐エッチング特性を有し、不純物を添加、拡散しない領域の犠牲膜60は、等方性エッチング特性を有する。なお、犠牲膜60は後で除去する。

【0063】次に、第1実施形態と同様に第1の絶縁性ダイヤモンド膜70と半導体膜80を成膜する。本実施形態において、この半導体膜80をフォトリソエッチングすることにより、可動電極81、可動電極リード82、可動電極接続端子83、基準電極180、基準電極リード181および基準電極接続端子182が形成される。可動電極81は、受圧領域の前記ダイヤモンド固定部17

0の内側に形成されており、前記基準電極180は受圧領域の前記ダイヤフラム固定部170の外側に形成されている。なお、この可動電極81と基準電極180は同一面積になるよう形成されている。

【0064】次に、単結晶シリコン基板30の主表面の全域に渡ってこの半導体膜80を覆うよう第2の絶縁性ダイヤフラム膜90が被覆形成し、エッチング液注入口100を開口する。このエッチング液注入口100を介してエチレンジアミンピロカテコール（EPW）エッチング液を注入することにより、耐エッチング特性を有するよう処理しなかった領域の犠牲膜60がエッチング除去され、ダイヤフラム固定部170と圧力基準室200となる空洞が形成される。これにより、受圧領域内におけるダイヤフラム固定部170の外側領域は剛性が高くなり、被測定圧力に対してたわみにくい領域となる。この領域に基準電極180が形成されている。

【0065】次に、第2の絶縁性ダイヤフラム膜90を貫通して可動電極接続端子83に達する可動電極接続孔110と、基準電極接続端子182に達する基準電極接続孔185と、第2の絶縁性ダイヤフラム膜90、第1の絶縁性ダイヤフラム膜70および基板保護膜50を貫通して固定電極接続端子42に達する固定電極接続孔130をフォトリソエッチングにより開口形成する。次に、単結晶シリコン基板30の表面全域に厚さ1 $\mu$ mのアルミニウムを被覆形成し、フォトリソエッチングにより、第1の配線150、第2の配線160および第3の配線190を形成する。その後、前記第1実施形態と同様に、封止キャップ300を形成し、可動電極出力端子120、固定電極出力端子140および基準電極出力端子183の一部を開口形成する。

【0066】ここで、本実施形態においては、直径150 $\mu$ mの受圧領域内にダイヤフラム固定部170の支持による直径100 $\mu$ m、膜厚1.5 $\mu$ mの可動ダイヤフラム400が形成されている。そして、可動電極81と固定電極40とで圧力検出キャパシタCxを形成し、基準電極180と固定電極40とで基準キャパシタCrを形成している。従って、圧力検出キャパシタCxと基準キャパシタCrは同一材料で構成され、しかも近接して形成されているため、温度特性はほぼ等しくなる。

【0067】容量変化を検出する方法の1つに容量を電圧に変換する充放電タイプのスイッチドキャパシタ回路がある。図7にスイッチドキャパシタ型容量検出回路を示す。

【0068】この回路では、4つのスイッチSW1～SW4を有しており、この4つのスイッチSW1～SW4が、所定以上の周波数のクロック信号によって、切り換えられる。SW1とSW2は、圧力検出キャパシタCxと基準キャパシタCrの一端をアースまたは電源Vpに交互に接続する。すなわち、いずれか一方のキャパシタCxまたはCrをアースに接続し、他方を電源Vpに接

続する。

【0069】圧力検出キャパシタCxおよび基準キャパシタCrの他端は、オペアンプの負入力端に接続されている。なお、正入力端は、アースに接続されている。また、このオペアンプの出力端と負入力端の間には、フィードバックキャパシタCfとスイッチSW3とが並列して接続されている。そして、オペアンプの出力がスイッチSW4を介し出力端に接続されている。なお、出力端には、他端がアースに接続された平滑用のコンデンサC0が接続されている。なお、図示の例では、スイッチSW1が電源Vpに接続されているときには、SW2がアースに接続され、SW3がオン、SW4がオフとなり、スイッチSW2が電源Vpに接続されているときには、SW1がアースに接続され、SW3がオフ、SW4がオンになる。

【0070】スイッチドキャパシタ回路では、スイッチングにより、Cx、Cr、Cfは、実質的に抵抗とし、オペアンプの増幅率は、入力側の容量（2つの容量Cx、Crが交互に接続されるため、この差）と、帰還側の容量の比で決定される。そこで、このスイッチドキャパシタ回路の出力電圧をE0とすると、このE0は、 $E0 = Vp (Cx - Cr) / Cf$ で表わされ、出力電圧E0は2つのキャパシタCx、Crの容量差に比例する。従って、出力電圧E0を検出することで、2つのキャパシタCx、Crの容量差を検出することができ、これによって印加された圧力を検出できる。

【0071】従って、本実施形態のセンサをこのスイッチドキャパシタ型容量検出回路に接続してセンサ特性を評価した結果、出力特性は100kPaの絶対圧力に対して、出力電圧は20mV以上、非直線性は $-2\%$ F.S.以下であり、温度特性は $-30 \sim 100^{\circ}\text{C}$ の温度範囲において、零点、感度の温度係数は $\pm 0.01\%$ / $^{\circ}\text{C}$ 以下と、優れた温度特性を有することが実験により確認された。

【0072】このように、本実施形態では、受圧領域に、可動電極81を取り囲む形で基準電極180を形成し、両者の境目にダイヤフラム固定部170を設ける。これによって、可動電極81により圧力検出キャパシタCxが形成され、基準電極180によって、基準キャパシタCrが形成される。そして、2つのキャパシタCx、Crの容量差を検出することで、圧力変化を検出できる。特に、隣接する2つのキャパシタは、ほぼ同一の温度になるため、圧力検出値に対する温度の影響をほぼ完全に排除することができる。また、ダイヤフラム固定部170を設けることによって、基準電極180の圧力による変形を防止することができ、2つのキャパシタにおける容量差を十分なものに維持できる。

【0073】（第3実施形態）図8には、本発明の第3実施形態に係わる静電容量型圧力センサの平面図が示されている。

【0074】本実施形態の特徴的事項は、静電容量型圧力センサと、集積化した容量検出回路とを一体化したことにある。

【0075】実施形態においては、単結晶シリコン基板30の所定位置に、第2実施形態で説明した静電容量型圧力センサ500が形成されている。更に、この単結晶シリコン基板30上には半導体製造技術を用いて回路部600が形成されている。この回路部600は、上述の容量変化を電圧に変換するスイッチドキャパシタ型容量検出回路から構成されている。

【0076】静電容量型圧力センサ500の固定電極40、可動電極81および基準電極180は、それぞれ固定電極出力端子140、可動電極出力端子120および基準電極出力端子183を介して回路部600に接続されている。

【0077】このように、回路部分も同一基板上に集積することで、1つの半導体加工プロセスによって、電気的出力が得られる静電容量型圧力センサを製造することができ、集積回路と一体化した、いわゆる集積化センサを得ることができる。

【0078】

【発明の効果】以上の説明より明らかなように、本発明の静電容量型圧力センサは基板の熱膨張係数とほぼ等しい薄膜材料をダイヤフラムに使用しているため、零点、感度の温度依存性が小さい。また、半導体プロセスの薄膜形成技術や犠牲膜のエッチング技術を用いて、可動ダイヤフラムが高い精度で形成でき、キャパシタを構成する対向電極の狭い間隙の形成が容易になり、静電容量型

圧力センサの小型化が可能となる。しかも、全て基板の片面の加工処理により製作できるため、集積回路とを一体化した、いわゆる集積化センサの製造に極めて好適なものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明に係わる静電容量型圧力センサの第1実施形態を示す平面図である。

【図2】 図1に示す静電容量型圧力センサの断面図である。

【図3】 図2に示す静電容量型圧力センサの可動電極部分の断面図である。

【図4】 図2に示す静電容量型圧力センサの固定電極電極部分の断面図である。

【図5】 本発明に係わる静電容量型圧力センサの第2実施形態を示す平面図である。

【図6】 図5に示す静電容量型圧力センサの断面図である。

【図7】 容量検出回路の構成を示した回路図である。

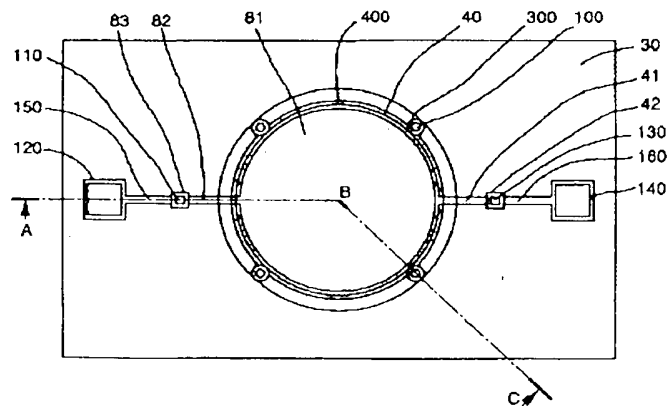
【図8】 本発明に係わる静電容量型圧力センサの第3実施形態を示す平面図である。

【図9】 従来の静電容量型圧力センサの断面図である。

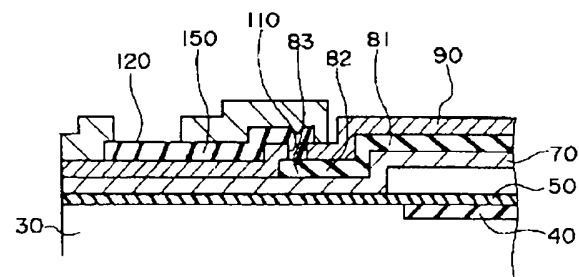
【符号の説明】

30 基板、40 固定電極、60 犠牲膜、70 絶縁性ダイヤフラム膜、81 可動電極、200 圧力基準室、300 封止キャップ、400 可動ダイヤフラム。

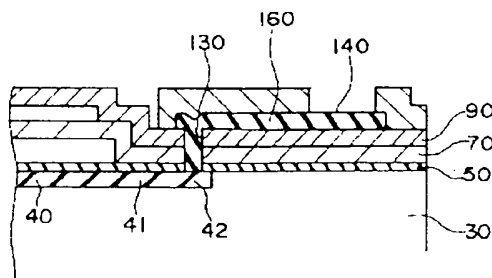
【図1】



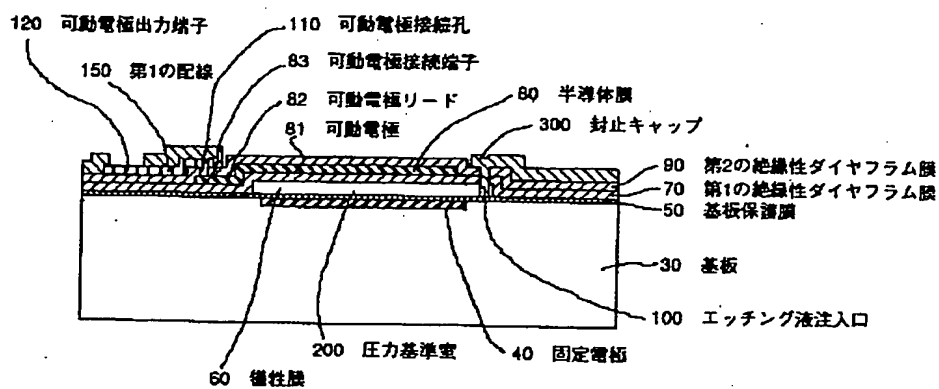
【図3】



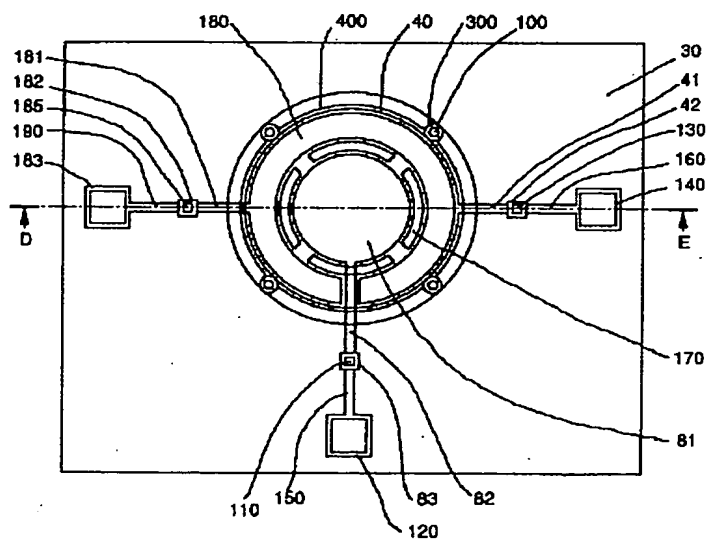
【図4】



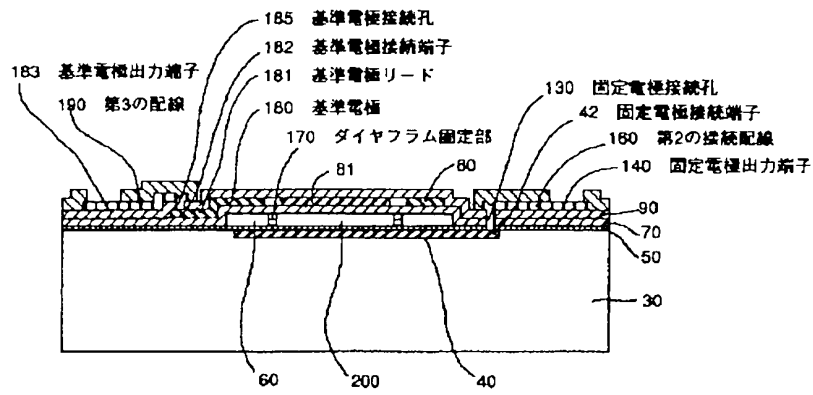
【図 2】



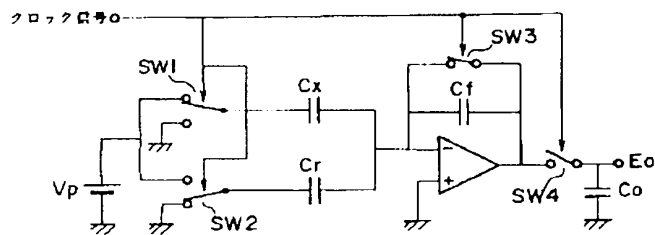
【图 5】



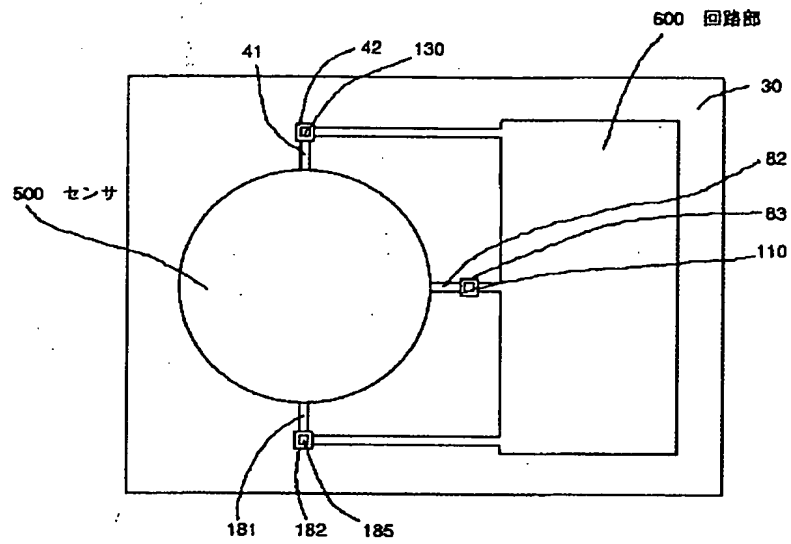
【図6】



【図7】



【図 8】



【図 9】

